cégep de Sherbrooke

TECHNOLOGIES DU
GÉNIE ÉLECTRIQUE

PROGRAMME : TECHNOLOGIE DE L'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE
(243.C0)

AUTOMNE 2013

PLAN DE COURS

« INSTALLER DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE-COMMANDE »
243-346-SH

PONDÉRATION 2-4-2
2,66 UNITÉS
GROUPE 2270, 2280

Émile Germain, enseignant;

Bureau 2-48-212,
☎ : (819) 564-6350 poste 4091,
courriel : emile.germain@cegepsherbrooke.qc.ca

I. NOTES PRÉLIMINAIRES

Le cours « Installer des systèmes de contrôle-commande » vise à développer chez les élèves des habiletés dans les travaux pratiques reliés à la conception, à l'installation et à la mise en service de systèmes de commande et de force motrice.

Le cours **Installer des systèmes de contrôle-commande** est le cours synthèse de la troisième session. Il appartient principalement au *fil conducteur* des équipements de puissance car c'est ici que sont vues les principales normes de montage et de choix des conducteurs qui ont des incidences majeures sur leur branchement. Cependant les montages seront des systèmes de contrôle-commande complets incluant de l'instrumentation sous forme de capteurs, des automatismes comme des contrôleurs programmables et des équipements de puissance électrique, comme des moteurs, leurs démarreurs et leurs variateurs de vitesse.

C'est pourquoi les cours **Entraînements de machines**, **Électronique** et **Programmer des automatismes** sont des préalables nécessaires à ce cours. En effet, c'est en **Entraînements de machines** que l'on abordera les principes des moteurs qui seront installés ici. C'est dans le cours **Électronique** que l'on verra les principes d'amplification des signaux que fournissent les capteurs qui seront montés dans ce cours-ci. C'est dans le cours **Programmer des automatismes** que seront abordées la programmation et la connexion des contrôleurs programmables qui seront montés ici.

Le cours **Installer des systèmes de contrôle-commande** est préalable à **Santé et sécurité au travail** qui sera préalable à son tour au **Stage en électronique industrielle** qui survient à la fin de la quatrième session. La compétence *Installer des appareils dans un système de contrôle-commande* étant la première compétence particulière (synthèse) atteinte dans le programme d'électronique industrielle, il est naturel que ce cours intégrateur et pratique confère à l'élève des habiletés qui lui permettront de se rendre utile lors de son stage crédité.

Les compétences d'installation étant indispensables à la réalisation des projets de fin de programme, le cours **Installer des systèmes de contrôle-commande** sera également préalable à **Planifier le projet**. Ce dernier cours sera à son tour préalable à **Projet d'électronique industrielle** qui tient lieu d'épreuve synthèse de programme.

L'installation des systèmes de contrôle-commande représente une des principales tâches du technologue en électronique industrielle. Cette tâche définit à elle seule une fonction de travail à part entière, car plusieurs technologues s'y consacrent presque en exclusivité lorsqu'ils sont employés par des entreprises ou des départements spécialisés dans l'installation. Cette nouvelle compétence synthèse contribuera directement à la mobilité professionnelle du futur technologue en plus de lui conférer une vision d'ensemble nécessaire à son intégration dans une équipe de travail multidisciplinaire.

II. ÉNONCÉ DE LA COMPÉTENCE

Le comité des enseignants du programme d'électronique industrielle du Cegep de Sherbrooke a formulé la compétence du cours « installer des systèmes de contrôle-commande » comme suit :

> À la fin de ce cours, l'élève sera en mesure d'élaborer, de dessiner, d'installer et de mettre en service, en respectant les normes en vigueur, un système électrique, incluant une distribution électrique, une partie de contrôle-commande, des dispositifs de protection d'équipements de puissance et des moteurs, tout en démontrant des aptitudes au travail manuel et au respect des règles de sécurité.

III. ORGANISATION MODULAIRE DU COURS

Module I **Analyse de montage de système électromécanique de commande et leur représentation symbolique.**

Élément de compétence : Reconnaître les éléments constituants d'un système électrique de commande et réaliser des dessins d'installation.

Exposés du module I	**Pér.**
1. Introduction et présentation du plan d'études (Semaine 1)	1
2. Représentation schématique des installations de force motrice (Semaines 1 &2) • Schéma du circuit de puissance d'un système; • Schéma unifilaire; • Schéma de principe; • Schéma de disposition; • Schéma de câblage; • Analyse de schémas d'installations de force motrice; • Normes pour l'élaboration des schémas; • Identification des composants, des conducteurs, des bornes et des câbles; • Utilisation d'un logiciel de DAO pour la réalisation de schémas. Tutoriel AUTOCAD ELECTRICAL V14.	3

Module I Analyse et montage de système électromécanique de commande et leur représentation symbolique. (suite)

Élément de compétence : Construire un panneau de commande constitué de composants électromécaniques en respectant les normes établies.

Exposés du module I (suite)	**Pér.**
3. Techniques générales de construction d'un panneau de commande (Sem. 3) • Disposition des composants : Circuit de puissance; Circuit de commande; Entrée et sortie des câbles. • Transposition du schéma de disposition à la plaque de montage. • Méthodes de fixation des composants. Marquage de l'emplacement des trous, pointage, perçage et taraudage ; Fixation des composants sur rails DIN; Espacement autour des bornes. • Techniques de câblage à l'intérieur d'un panneau de commande ; Point par point ; faisceaux de conducteurs; Réduction des interférences; Raccordement aux bornes du transformateur de commande; Identification des composants, des conducteurs, des bornes et des câbles. • Représentation des bornes dans des panneaux différents; • Représentation du câblage entre les différents panneaux et boîtes de jonctions ; • Techniques d'installation des différents types de câbles et de conduits ; • Mise à la terre ; Définitions, fonctions et principes ; méthodes de mise à la terre ; • Utilisation des outils et sécurité en atelier ; • Méthode de vérification.	2

Module I Analyse et montage de système électromécanique de commande et leur représentation symbolique. (suite)

Élément de compétence : Interpréter les fiches techniques des composants afin de s'assurer que leurs caractéristiques conviennent parfaitement à la situation proposée.

Exposés du module I (suite)	**Pér.**
4. Mécanismes d'inspection des installations électriques : (Semaines 4 et 5) • Loi sur les installations électriques. • Code de l'électricité. • Choix de conducteurs et de câbles : Types, détermination de la grosseur des conducteurs ; protection contre les surintensités ; calcul des chutes de tensions circuit monophasé . • Choix d'un bloc d'alimentation. • Choix de la quincaillerie (bornes, portes-fusibles, goulottes, rails, etc.). • Choix de l'appareillage de commande : Sectionneurs ; contacteurs et relais ; boutons poussoirs. • Aspects concernant la sécurité : Quelques études de cas; protection des personnes et des machines; Référence utile pour le module I: Wildi [2], ch.10 (10.1 à 10.10 inclus), Wildi [2], ch.40 (40.1 à 40.16 inclus) Wildi [2] ch.47 (47.17 à 47.22 inclus) Code Électrique[1] , section 4, 8, 28	2,5
Examen théorique #1 du module I (Semaine 5) Pondération 7%	1
Retour sur l'examen	0,5

[1] Voir la section « Médiagraphie » no. 1 pour une description complète
[2] Voir la section « Médiagraphie » no. 2 pour une description complète

Activités de laboratoire du module I	**Pér.**
L1- Dessin du schéma de principe d'un démarreur de moteur (Semaines 1 et 2) • Normes de dessin (feuille, cartouche, disposition, etc.) • Schéma de principe • Schéma de disposition	8
L2 a) - Dessin d'un démarreur/inverseur pour moteur d'induction triphasé (Semaine 3) • Schéma de principe • Schéma de disposition	4
L2 b) - Réalisation du montage d'un démarreur/inverseur (Semaines 4, 5, 6 et 7) • Disposition des composants sur la plaque de montage (perçage et taraudage) • Câblage du circuit de puissance • Montage d'une station de commande • Câblage du circuit de commande • Mise en service et évaluation • Perçage pour l'installation des connecteurs • Installation des cosses • Identification des conducteurs, des bornes, des composants, des câbles	16

Module II Planification d'une installation de force motrice

Élément de compétence : Élaborer et dessiner un système de force motrice selon les normes et les prescriptions du Code de l'électricité.

Exposés du module II	**Pér.**

1. Normes des installations électriques pour la force motrice (Semaine 6 à 9)
• Alimentation d'un moteur : diagramme unifilaire
• Définitions service continu et non continu;
• Alimentations normalisées et systèmes de distribution pour les systèmes de force motrice;
• Calcul de la charge des circuits;
• Détermination de la grosseur des conducteurs;
• Dérivations;
  • Appareillage de commande;
  • Choix des conducteurs;
  • Protections contre les surintensités;
  • Protections contre les surcharges;
• Artères;
  • Appareillage de commande;
  • Choix des conducteurs;
  • Protections contre les surintensités;
  • Protections contre les surcharges.
Référence utile : Wildi [2], ch. 47.27 , Code Électrique[3] , section 28
 	
2. Introduction à la « Sécurité des machines »
  • Analyse du risque
  • Catégorie (0 à 4)
  • Relais de sécurité
 	
3. Normes des installations électriques
	8

[2] Voir la section « Médiagraphie » no. 2 pour une description complète
[3] Voir la section « Médiagraphie » no. 1 pour une description complète

4. Étude des caractéristiques et des conditions de fonctionnement d'un moteur (Semaine 10); • Type d'alimentation ; • Fiche technique ; • Température ambiante et classe d'isolation du moteur ; • Diagnostic et dépannage.	2

5. Techniques d'installation, de mise en service et de dépannage de variateurs de vitesse et de démarreurs électroniques (Semaine 11) • Vérification physique ; • Étude des manuels de variateur de vitesse (Installation et utilisation) ; • Sélection de la tension ; • Câblage de l'alimentation ; • Analyse des recommandations du manufacturier et identification des points communs à plusieurs manufacturiers ; • Câblage des signaux de commande ; • Diagnostic et dépannage.	1
Examen théorique #2 du module II (Semaine 11) Pondération 8%	**1**
Correction examen #2	0.5

Activités de laboratoire du module II	**Pér.**
L3 a) - Dessin du schéma de disposition d'un variateur de vitesse dans un panneau de commande (Semaine 8) • Dessin du schéma de commande ; • Dessin du schéma de disposition du variateur de vitesse dans le panneau de commande ;	4
L3 b) - Installation d'un variateur de vitesse ca dans un panneau de commande (Semaines 9) • Installation du variateur de vitesse ; • Mise en service du variateur de vitesse ;	4

Module III Analyse et montage de système de commande basé sur un automate programmable industriel.

Élément de compétence : Reconnaître les éléments constituants d'un système électrique de commande et réaliser des dessins d'installation.

Exposés du module III	**Pér.**
1. Analyse du cahier des charges d'un système de commande fonctionnant à l'aide d'un automate programmable industriel. (Semaines 12 à 14) • Étude du schéma fonctionnel ; • Analyse des contraintes à respecter ; • Étude de la stratégie de commande et des modes de marche; • Analyse des mesures de sécurité ; • Méthodes d'interfaçage des actionneurs et des capteurs avec l'automate ; 2. Analyse des systèmes d'alimentation : • Circuit de puissance et circuit de commande; • Protections contre les surintensités et contre les surcharges; • Alimentations de l'unité centrale de l'automate; • Alimentation des entrées; • Alimentation et protection des sorties; 3. Méthodes particulières de câblage des automates programmables : • Câblage des interrupteurs et des capteurs aux entrées; • Câblage des appareils (relais, contacteurs, témoins, etc.) aux sorties; • Câblage des systèmes de sécurité (verrouillage, arrêt d'urgence, fins de course, etc.); • Câblage des entrées et sorties analogiques; • Techniques d'immunisation aux bruits. Wildi [4], 40.17 à 40.26	6

[4] Voir la section « Médiagraphie » no. 2 pour une description complète

Activités de laboratoire du module III	**Pér.**
L4 a) - Dessin, à partir d'un cahier des charges, des schémas de la commande d'un démarreur/inverseur, avec un automate programmable. (Semaine 10) • Alimentations et protections contre les surintensités et les surtensions; a) De l'unité centrale; b) Des entrées/sorties; • Modes de marche (Manuel-Auto); • Système d'arrêt d'urgence; • Disposition des modules de l'automate programmable; • Diagramme des entrées et sorties de l'automate programmable; • Câblage des interconnexions entre deux panneaux;	4
L4 b) - Réalisation du montage du système de commande à automate programmable (Semaines 11 à 13) • Installation des nouveaux composants dans le panneau; • Modification de la station de commande; • Installation des relais; • Exécution du câblage; • Programmation de l'automate; • Mise en service du système de commande; • Mise en service finale et évaluation du fonctionnement	12
L5 – Installation de tuyau EMT (Semaine 14)	4
Finition et évaluation des montages, rétroaction, remise des schémas (Semaine 15)	4

IV. MÉTHODOLOGIE

La théorie sera présentée sous forme de cours magistraux accompagnés d'exemples, de démonstrations et d'exercices dirigés en classe. L'apprentissage des notions théoriques sera vérifié périodiquement à l'aide d'examens.

Les sujets vus en classe sont définis pour chacune des semaines de la session sur le site internet moodle (http://moodle.cegepsherbrooke.qc.ca/course/index.php?edit=on), en TGÉ sous le cours Installer des systèmes de contrôle commande. La clef pour entrer sur le site est : alcide

Pour ce cours synthèse, on adoptera une approche systémique structurée par la réalisation d'un projet de session. On privilégiera une démarche où les éléments de théorie nécessaires surviendront au moment opportun en synchronisme avec leur application au projet dont les étapes de réalisation serviront à structurer le cours aussi bien en pratique qu'en théorie. Le projet retenu devra comprendre une installation de force motrice avec variation de vitesse et un automate programmable avec des capteurs et des actionneurs;

Dans ce cours, les laboratoires n'ont pas pour but de prouver la validité de notions théoriques mais plutôt de développer les habiletés nécessaires au montage et à la mise en service de systèmes de contrôle-commande. L'exécution de ces tâches devra se faire dans un contexte apparenté au milieu industriel.

L'apprentissage du dessin technique se fera en parallèle avec l'exécution du projet en utilisant un logiciel dédié pour le montage de cabinet. On devra se concentrer sur l'exécution de schémas électriques tout en fournissant le minimum nécessaire pour la lecture de plans plus généraux. Les schémas hydrauliques et pneumatiques seront couverts dans le cours **Commande des actionneurs** à la session suivante.

Malgré que l'on doive expliquer et respecter les principales normes d'installation, ce cours porte d'abord et avant tout sur l'installation elle-même, dans sa pratique immédiate. Il ne s'agit pas d'expliquer en profondeur, systématiquement et intégralement toutes les normes du code de l'électricité. Il s'agit plutôt d'initier l'élève aux principales normes incontournables qui régissent les installations industrielles les plus typiques et qui pourraient être utiles immédiatement en stage ou au seuil d'entrée sur le marché du travail. Les normes d'installation feront l'objet d'un réinvestissement substantiel dans les cours **Planifier une installation électrique** et **Production, transport et distribution de l'énergie électrique**. C'est dans ce dernier cours que seront vus en détail les fondements de la protection des installations électriques.

Bien que le projet d'installation puisse nécessiter le choix de certains composants, l'élève ne doit pas en faire la conception. Il travaillera donc sur un devis qui est déjà complet et dont la fonctionnalité a été parfaitement éprouvée. Il réalisera des plans non en tant que concepteur mais en tant que dessinateur. Ce seront la qualité de l'installation, l'efficacité de la mise en service et le respect des normes qui seront visés par le projet de session.

L'évaluation se fera de façon continue tout au long de la session avec une partie substantielle à la fin portant sur la qualité du montage, la conformité des plans et la fonctionnalité du projet. L'évaluation de chacune des parties du projet suivra un échéancier défini à l'avance. Des

examens théoriques répartis sur la session évalueront surtout l'analyse des systèmes et l'interprétation de l'information technique et des normes.

Étant donné l'importance de développer ces habiletés en laboratoire, nous considérons que la présence est indispensable. Par conséquent, un contrôle serré des présences sera fait. Les travaux pratiques seront évalués selon les critères de qualité établis pour ce cours.

V. RÉTROACTION

Une rétroaction est prévue à la mi-session et à la fin de la session afin de recueillir les perceptions des élèves face au cours et à l'enseignement qui y est fait.

La rétroaction individuelle mentionnée précédemment n'empêche nullement l'expression par les élèves de commentaires ou de suggestions visant à améliorer la conduite du cours. Ces commentaires sont toujours les bienvenus en autant qu'ils sont faits dans les règles de politesse habituelles et qu'ils sont constructifs.

VI. ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES

1. L'évaluation de ce cours sera faite de façon continue tout au long de la session. L'examen final est un examen synthèse de toute la matière vue durant la session.

2. La présence au laboratoire est formellement requise, étant donné le caractère pratique des compétences visées dans ce cours. Conséquemment, toute absence se verra donc sanctionnée par une note zéro au travail concerné.

3. Les attitudes seront évaluées sous la rubrique «Professionnalisme». Cette évaluation des attitudes sera faite sur la base des critères énoncés ci-après.

VII. CRITÈRES D'ÉVALUATION

a) Critères d'évaluation des examens théoriques :

- exactitude des réponses;
- qualité de l'élaboration des solutions;
- respect des consignes;

b) Aux travaux pratiques :

- précision et qualité des schémas;
- respect des normes graphiques;
- qualité des montages et respect des normes d'installation (voir annexe 1)
- fonctionnalité des montages;
- respect des échéanciers;

c) Professionnalisme

- attention et constance à la tâche;
- collaboration aux tâches de nettoyage des locaux;
- contribution efficace aux travaux d'équipe;
- participations aux tâches de démontage des travaux et de rangement du matériel;
- ponctualité;
- présence à chacun des laboratoires;
- réalisation de chacun des travaux demandés;
- respect des consignes;
- respect des personnes;
- respect des règles de sécurité et prévention des accidents;
- soin apporté dans l'exécution des travaux;
- utilisation adéquate du matériel.

VIII. SOMMAIRE DE L'ÉVALUATION

Examens théoriques

No 1	vers la semaine 5 ……..……...	7 %
No 2	vers la semaine 11 ……	8 %
No 3	à la semaine d'examens (synthèse) ……..	30 %

Laboratoires

Travaux pratiques

- Schémas ……. 10 %
- Qualité des montages (voir annexe 1) ……. 20 %
- Fonctionnalité des montages …… 15 %

Professionnalisme (selon les critères mentionnés ci-dessus) ……. 10 %

TOTAL 100%

IX. JOURNÉES D'ACTIVITÉS PÉRISCOLAIRES

Les journées d'activités périscolaires permettent de compléter les activités de laboratoires s'il y a lieu.
Des rencontres individuelles sont prévues en accès libre avec le professeur.
Des rencontres individuelles avec des étudiants en difficulté sont prévues.

X. MÉDIAGRAPHIE

Obligatoires :

1. Association Canadienne de Normalisation (ACNOR), *Code de construction du Québec chapitre V Électricité*, 2010.
2. Wildi, Théodore, *Électrotechnique*, 4ième éd., Presses de l'Université Laval, Québec, 2005.
3. Émile Germain, *Notes de cours*, Automne 2008.
4. Émile Germain, *Énoncés de laboratoire*, Automne 2008.

Matériel à acheter

5. **Achat d'un disque dur externe** (>500 Mo) pour AUTOCAD 14. Autodesk offre gratuitement une license étudiant d'AUTOCAD 14.
6. **Lunette de sécurité et botte de sécurité.**

Suggérés :

7. Hémond, Gérald, *Techniques industrielles*, McGraw-Hill, Montréal 1982.
8. Manuel d'utilisateur automate OMRON CP1L
9. Manuel d'utilisateur du variateur de vitesse AB POWERFLEX 4.

XI. RÉFÉRENCE UTILE

1. Wildi, ch. 10, ch. 40, ch. 47.17 à 47.29
2. Code de l'électricité du Québec, section 4, 8 et 28
3. Site internet du cours « Installer des systèmes de contrôle-commande » (243-346-SH): http://moodle.cegepsherbrooke.qc.ca/course/index.php?edit=on **.** L'élève **doit** s'inscrire en cliquant sur le lien « connexion ». L'élève peut avoir accès aux énoncés de laboratoire et aux notes de cours échelonnés sur la session. On y retrouve aussi des consignes, exercices, devoirs etc…

XII. ANNEXE 1 : GRILLES D'É VALUATION DE LA QUALITÉ DES MONTAGES

Nom (s) : _____ _____	**Panneau principal**	**Panneau secondaire**
Câblage: 20 points		
solidité des connexions		
couleurs des conducteurs		
identification des composants		
identification des conducteurs (marqueur LEGRAND)		
Identification des câbles et des conduits		
identification des BORNIERS et des bornes		
disposition des conducteurs (angle droit)		
Longueur correcte des conducteurs		
dénudage correct des conducteurs		
installation correcte des cosses		
grosseurs correctes des conducteurs		
Protection électrique, choix ou réglage: 5 points		
ajustement du relais de surcharge pour le moteur utilisé		
Choix des fusibles		
Identification du calibre des fusibles		
Mise à la terre: 10 points		
mise à la terre correcte du bloc d'alimentation		
Continuité des masses entre la porte et le fond du panneau		
continuité des masses correcte des boîtiers et des composants (automate, variateur de vitesse, moteur)		
Concordance entre schémas et câblage: 20 points		
facilité à associer les schémas avec le câblage réalisé		
Disposition et installation : 20 points		
Des goulottes et des rails		
des boutons poussoirs, potentiomètre, témoins lumineux		
des contacteurs et des relais		
du sectionneur, des portes-fusibles, du contacteur et du relais de surcharge		
de la boucle entre la porte et le fond (attache, base autocollante et spirale)		
de l'automate programmable		
du variateur de vitesse		
des bornes (ordre, blocage, séparateurs, rails)		
Esthétique générale: 5 points		
Propreté du fond du panneau		
qualité du câblage		
composants à l'équerre et au niveau		

Nom (s) : _____	
Interconnexions entre les panneaux et le monde extérieur 10 points	
1) installation correcte des câbles entre les divers panneaux	
2) installation correcte des connecteurs de câbles TECK et des conduits « Liquid tight », attaches au mur	
3) utilisation des types appropriés de câble et de conducteurs	
4) dénudage de la gaine du câble TECK	
5) installation correcte du connecteur du câble du thermostat et de la fin de course LS1	
6) continuité des masses des moteurs	
7) boîte de jonction thermostat	

Pliage tuyau EMT 10 points	
1) Tuyau avec ou sans joint, plis 30 et 90°	
2) Niveau horizontal	
3) Niveau vertical	
4) Attaches tuyaux au mur	
5) Conducteurs du thermostat branchés sur bornes et identifiés	